



Economie de l'adaptation au changement climatique et agriculture dans le Bassin Méditerranéen

Nathalie Rousset, René Arrus

► To cite this version:

Nathalie Rousset, René Arrus. Economie de l'adaptation au changement climatique et agriculture dans le Bassin Méditerranéen. Environnement et identité en Méditerranée, IVe congrès international, Università di Corsica Pasquale Paoli, Corte, Jul 2004. halshs-00006235

HAL Id: halshs-00006235

<https://shs.hal.science/halshs-00006235>

Submitted on 25 Nov 2005

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ECONOMIE DE L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET AGRICULTURE DANS LE BASSIN MEDITERRANEEN

Nathalie Rousset, EPE-LEPIL ; René Arrus, LEPIL-CNRS
nathalie.rousset@upmf-grenoble.fr ; rene.arrus@upmf-grenoble.fr

juillet 2004

Résumé : *Le changement climatique fait peser des risques élevés pour l'agriculture méditerranéenne, qui pourrait voir ses rendements diminuer fortement, en liaison avec la raréfaction des ressources hydriques. L'adaptation anticipative des systèmes agricoles à ces changements apparaît ainsi comme un enjeu majeur pour cette région pour le 21^{ème} siècle.*

Il s'agit de traiter des enjeux du changement climatique pour l'agriculture dans la région méditerranéenne à l'horizon 2050. Les modèles de circulation générale (MCG) centrés sur cette zone estiment un réchauffement de 2 à 4°C durant le 21^{ème} siècle et une perturbation probable des régimes pluviométriques. L'agriculture méditerranéenne se caractérise par des paysages agricoles extrêmement diversifiés mais qui ont la caractéristique commune d'être, à des degrés divers, limités par les ressources hydriques. Le changement climatique apparaît être une question essentielle pour le secteur agricole et les ressources hydriques en Méditerranée. Deux sous-régions seront étudiées, l'Europe du Sud et le Maghreb. Le cas de l'Europe du Nord sera abordé lorsque les impacts sur leur potentiel agricole donnent du sens aux enjeux pour la zone méditerranéenne. Une première partie dressera un tableau général des impacts sur les potentiels et les paysages agricoles, et les enjeux sous-jacents. La deuxième partie abordera l'enjeu essentiel que porte la question de l'adaptation des systèmes agricoles du Maghreb au changement climatique.

1. Impacts potentiels du changement climatique : modifications de la géographie agricole et enjeux socio-économiques

Si l'augmentation de la teneur en CO₂ de l'atmosphère peut augmenter le rendement agricole de nombreuses cultures, dans l'Europe du Sud et plus encore dans les pays d'Afrique du Nord, cet effet doit être contrecarré principalement par le risque de diminution des disponibilités en eau pour l'agriculture. Le processus du changement climatique doit globalement conduire à un déplacement des étages bio-climatiques méditerranéens vers le Nord, (Le Houérou, 1992). Les modélisations montrent généralement que la production agricole et notamment céréalière doit diminuer dans la zone méditerranéenne (Reilly, 1995). La question est de savoir quelles sont les caractéristiques générales de la modification de la géographie agricole à venir ?

1.1. Le Maghreb

Le changement climatique doit globalement avoir un effet négatif sur le potentiel agricole de la région en accentuant une dynamique déjà engagée d'accroissement des déficits hydriques subis par l'agriculture.

L'augmentation des températures, la diminution éventuelle des précipitations et l'augmentation de la variabilité de celles-ci, estimées par les MCG, doivent conduire à trois phénomènes. D'une part, une réduction de la durée des cycles végétatifs des cultures et de la productivité des plantes causées par l'augmentation des températures. D'autre part, une accélération de l'érosion et de la

dégradation des sols qui seront accentuées sur les zones côtières par l'élévation du niveau de la mer et les risques de salinisation des sols. Enfin, une réduction des disponibilités en eau pour l'agriculture pluviale et irriguée causée par la conjonction de trois aspects : l'augmentation de l'évaporation et de l'évapotranspiration, la réduction probable des précipitations et l'augmentation de leur variabilité ; et l'élévation du niveau de la mer en relation avec les nappes phréatiques côtières.

Le changement climatique qui se produira durant les prochaines décennies doit augmenter les déficits hydriques et réduire les rendements agricoles dans les pays du Maghreb. Les besoins d'irrigation vont augmenter et le simple maintien des quantités produites nécessiterait une extension du périmètre irrigué et une augmentation de l'offre d'irrigation.

Le processus devrait se traduire par une diminution de la production agricole selon un gradient Nord-Sud liée à une plus grande demande en eau de ce secteur et associée à la diminution prévue de la ressource dans la région (Agoumi et al, 1999), et accentuée par la dégradation des sols et la réduction de la durée des saisons de développement des cultures. Ces effets négatifs sur les rendements et la production devrait toucher la majorité des cultures et notamment les céréales, les légumes, et dans une moindre mesure les agrumes, (Rosenzweig et al, 1997).

1.2. L'Europe du Sud.

L'Europe du Sud va se trouver dans un processus relativement similaire au Maghreb, mais dont l'intensité sera moindre. Comme pour le Maghreb, l'augmentation des températures pourrait impacter la durée de la période végétative des cultures, notamment céréalières, accélérer l'érosion et la dégradation de sols déjà marginaux et surtout accroître le stress hydrique pour de nombreuses cultures (Iglesias et al, 1997). Cependant, les effets sur les schémas agricoles seront extrêmement différenciés selon les lieux, l'extrême sud de l'Europe apparaissant plus vulnérable que le reste de la région.

Une grande partie de l'Espagne, du Sud de l'Italie et de la Grèce deviendrait impropre à la production commerciale de céréales, et ce d'autant plus que les déficits hydriques seront importants (Le Houérou, 1992). La production de blé et de maïs pourrait diminuer respectivement de 16% et de 36% (Olesen et al, 2002 ; Rosensweig et al, 1997). De même, la production de légumes pourrait se trouver en difficulté et voir sa productivité baisser. Surtout, ces productions seront potentiellement concurrencées de manière croissante par des régions plus au nord, jusqu'à présent limitées par la faiblesse des températures.

Certaines cultures commerciales sensibles au froid comme les citrons, jusque là circonscrites à la Sicile, au sud de l'Italie, aux zones côtières de l'Est et du Sud de la Grèce et à l'Est et au Sud de l'Espagne, pourront s'étendre à de larges superficies de l'Europe du Sud avec une augmentation des températures de 3°C. Ces cultures deviendront commercialement possibles dans de larges zones de Grèce, d'Espagne, d'Italie et du Portugal, là où elles sont pour le moment limitées par des hivers trop rigoureux. L'aire de culture des citrons pourrait potentiellement être multipliée par 3 en Europe du Sud (Le Houérou, 1992). Des analyses similaires peuvent être tenues pour d'autres cultures typiquement méditerranéennes. Si l'impact sera globalement négatif pour le Sud de l'Europe (IPCC, 2001), il sera très hétérogène au niveau micro-régional. Un repositionnement des zones de production semble devoir s'opérer.

1.3. L'Europe du Nord.

La température étant le principal facteur limitant des possibilités culturelles et des rendements de l'agriculture de l'Europe du Nord, le changement climatique doit probablement avoir un effet global positif sur l'agriculture. Le réchauffement du climat pourrait ouvrir de nouvelles opportunités de production dans des zones jusque là impropres à de telles activités et surtout augmenter la productivité des cultures là où elles sont déjà présentes. Ce phénomène pourrait

conduire à l'extension de l'aire de production des principales cultures européennes vers le Nord de l'Europe à un rythme de 120 km par hausse de 1°C, et accompagnée de hausses des rendements dans les zones où elles sont déjà présentes (IPCC, 2001; Olesen et al, 2002).

Cependant, de larges étendues à l'intérieur de ces régions ne pourront pas être effectivement converties en zones agricoles. D'une part ces simulations ne se fondent que sur les variations de la température. D'autre part, ces résultats restent des options possibles pour les pays d'Europe du Nord. Leur effectivité dépendra de nombreux paramètres socio-économiques, de la rentabilité de ces activités économiques, et de l'adaptation des systèmes économiques à ces nouvelles opportunités. Il peut alors sembler probable que les changements climatiques conduisent à une intensification de la production dans les zones initialement agricoles d'Europe du Nord.

L'analyse montre que le changement climatique doit conduire à une baisse des rendements et de la production agricole au Maghreb et les accroître dans l'Europe prise dans son ensemble¹. Ces changements sont donc à même d'approfondir des déséquilibres régionaux de production entre une Europe déjà souvent excédentaire et un Maghreb qui voit s'accroître les écarts entre les besoins alimentaires croissants et les potentiels de production qui doivent se restreindre. Cet aspect implique des enjeux importants mais de nature très différente de part et d'autre du bassin méditerranéen. L'accroissement des déséquilibres régionaux se fera également sentir à un niveau méso-régional. Au Maghreb, les déséquilibres spatiaux de production agricole, mais également de répartition de la population devraient se renforcer, entre le Sud, plus aride et déjà marginal et le Nord de la région, concentrant la quasi-totalité des moyens d'irrigation et disposant de conditions climatiques plus clémentes mais déjà très peuplées. En Europe le même type de dynamique, mais dans un contexte et une amplitude différents, doit se produire entre l'extrême Sud de l'Europe, où l'agriculture est déjà en retrait, et des zones de latitudes plus élevées qui verront leurs possibilités agricoles augmenter. Le changement climatique au lieu de résorber les disparités, accentuent des dynamiques déjà largement observables.

L'enjeu majeur à ce niveau de l'analyse se porte du côté du passage des modifications de la géographie agricole à celle, épineuse, de l'évaluation des impacts socio-économiques sous-jacents.

1.4. Des impacts socio-économiques différenciés

Les impacts socio-économiques seront variés et hétérogènes. Leur évaluation rigoureuse, encore plus en termes monétaires, posent de nombreuses difficultés. On peut cependant analyser les caractéristiques du milieu naturel et socio-économique qui détermine l'ampleur des coûts associés au changement climatique.

- Influence des conditions agro-climatiques initiales.

Il apparaît d'abord que les impacts agricoles estimés par les modèles agro-climatiques sont largement déterminés par les conditions agricoles et climatiques actuelles du bassin méditerranéen. Les impacts seront d'autant plus négatifs que l'on se situe dans des zones climatiques déjà marginales pour l'agriculture et limitées par les ressources en eau. Le changement climatique doit accentuer la dynamique de pression sur les ressources en eau et d'augmentation des déficits hydriques. Les impacts sur l'agriculture seront au contraire globalement positifs pour les zones tempérées qui sont actuellement principalement contraintes par la relative faiblesse des températures.

- L'influence du contexte socio-démographique existant

¹ Les effets positifs attendus dans le Nord de l'Europe doivent largement compenser les effets mitigés mais globalement négatifs de l'Europe du sud (IPCC, 2001).

Le changement climatique et son influence sur les potentiels agricoles n'impliquent pas les mêmes impacts économiques selon le contexte socio-démographique qui prévaut dans la région. D'abord, contrairement à l'Europe du Sud, le changement climatique au Maghreb est un facteur aggravant d'une pression croissante sur les ressources liée à la dynamique démographique. Ensuite, les impacts socio-économiques varieront selon l'importance relative de ce secteur. Ils seront d'autant plus élevés au Maghreb que le secteur agricole occupe une part élevée de la population active et du PIB et où une surface croissante est dédiée à l'agriculture. Ils seront plus modestes dans l'Europe du Sud qui observe depuis plusieurs décennies une baisse de l'importance économique de ce secteur et de la superficie cultivée, que le changement climatique pourrait accélérer.

- Les enjeux entourant les mesures d'adaptation qui seront mises en oeuvre.

Tous les impacts sur les systèmes agricoles méditerranéens, qu'ils soient positifs ou négatifs, sont en partie seulement potentiels. Leur effectivité et leur ampleur dépendront en partie des politiques et des mesures d'adaptation des systèmes agricoles aux changements climatiques qui seront mises en oeuvre. Les impacts agricoles et socio-économiques effectifs ne seront clairement appréciables qu'au regard des politiques d'adaptation.

La question de l'adaptation des systèmes culturels à la nouvelle donne climatique est l'un des enjeux majeurs du changement climatique au niveau régional (IPCC, 2001). Ces mesures d'adaptation sont nécessaires à la fois pour les régions vulnérables, de manière à atténuer les impacts négatifs potentiels ; mais également pour les régions potentiellement bénéficiaires si elles veulent réaliser leur nouveau potentiel. La question de l'adaptation ne recouvre donc pas les mêmes enjeux selon les régions. Le cas du Maghreb permettra d'illustrer l'enjeu de l'adaptation pour une agriculture vulnérable et limitée de manière croissante par les ressources en eau, où la question de l'adaptation est un enjeu primordial dès le court ou moyen terme.

2. Quelle adaptation pour l'agriculture de la zone méditerranéenne? Le cas du Maghreb.

Le changement climatique doit potentiellement avoir des effets importants sur les paysages et les potentiels agricoles du Maghreb à un horizon relativement court. Ces changements créent des enjeux nouveaux au niveau régional, mais également au niveau global.

2.1. Quelles options d'adaptation envisageables?

Face à des impacts potentiellement très lourds, il est important de connaître les mesures ou les options qui peuvent être prises dans la région du Maghreb pour limiter les impacts socioéconomiques négatifs liés aux difficultés croissantes de ce secteur. On peut distinguer deux grands types d'options d'adaptation (Rosenberg, 1992):

- Le retrait organisé

L'analyse de la situation agricole de zones semi-arides comme le Maghreb pose la question de l'inadaptabilité croissante de cette activité à son environnement bio-climatique. Le changement climatique doit en effet jouer un rôle d'accélérateur à une dynamique en cours de marginalisation de l'agriculture. Le poids de l'irrigation soulève de nombreuses questions dans la mesure où le maintien de cette activité peut handicaper le développement d'autres secteurs économiques, comme l'industrie ou le tourisme mais également l'adduction d'eau potable pour les villes (Plan Bleu, 1997).

Dés lors, si le changement climatique doit accentuer ces difficultés, il pourrait s'agir d'organiser le déplacement des facteurs de production utilisés par l'agriculture vers d'autres activités plus productives, et d'importer les produits ayant un contenu en eau élevé comme les produits agricoles. Dans cette perspective, le retrait organisé doit limiter les coûts du changement

climatique et d'une fuite en avant que constituerait une tentative d'intensification de l'agriculture par l'irrigation.

Cependant, cette analyse, si elle n'apparaît pas dénuée de fondement, semble difficile à court ou même moyen terme. Cette option pourrait cependant être mise en oeuvre de manière progressive dans une optique de long terme. Elle nécessiterait le développement de nouvelles activités productives capables d'absorber une main d'œuvre importante. Elle impliquerait un exode rural qui serait une contrainte forte sans le développement d'un tissu d'entreprises dans les zones actuellement rurales. Elle induit enfin une dépendance alimentaire totale vis à vis de l'extérieur qu'il s'agit de prendre en compte. Le retrait sera toutefois inévitable à un niveau micro-régional, notamment dans les zones côtières menacées par la montée des eaux et la récurrence des inondations.

- La résistance

Si le maintien ou le développement de l'agriculture est souhaité, au moins à moyen terme, l'objectif est alors de déterminer quelles options sont à même d'adapter les systèmes cultureux, et plus particulièrement les systèmes d'irrigation, aux nouvelles conditions climatiques. La mise en place de telles mesures doit atténuer les impacts négatifs du changement climatique et permettre à l'agriculture de se maintenir. Les mesures d'adaptation envisageables pour l'agriculture maghrébine concernent essentiellement la gestion optimale et l'économie des ressources en eau. Parmi ces mesures on peut citer (IPCC, 2001; Agoumi et al, 1999; Downing et al, 1997) :

- Des mesures visant à *développer le potentiel mobilisable en eau*, c'est à dire l'offre d'irrigation. Ces options concernent la mobilisation des eaux conventionnelles non mobilisées à ce jour (Agoumi et al, 1999), et le développement du recours aux eaux non conventionnelles. Elles impliquent également l'amélioration de la mobilisation des eaux de pluies par une gestion intégrée des bassins versants (limitation du ruissellement, amélioration de l'infiltration grâce à une meilleure couverture végétale), et la dépollution des systèmes hydriques.

- Une *amélioration de la gestion de l'eau* doit aider à maîtriser la demande. Actuellement, une part importante de l'eau prélevée pour l'irrigation est perdue par évaporation dans les retenues, par infiltration dans les canaux et de mauvais réglages, et par des techniques d'irrigation inadaptées. L'amélioration de l'irrigation pourrait être le principal "gisement" d'eau qu'il est concevable d'économiser dans la région méditerranéenne, (Plan Bleu, 1997). Cela suppose des investissements pour améliorer le transport et les réseaux, mais également pour introduire des techniques performantes d'irrigation qui permettraient de réaliser des économies substantielles sur les besoins en eau de l'agriculture.

- Une *amélioration de la gestion des sols*. Des mesures doivent conduire à organiser le retrait des zones à haut risque d'inondation et la protection des côtes, à un autre niveau, il s'agit d'améliorer les modes d'occupation des sols et de prévenir la dégradation des terrains fragiles.

- Une *modification des pratiques culturelles*. Ces options concernent le choix de cultures et de variétés moins consommatrices en eau, plus résistantes aux sécheresses lorsque cela est possible, et le développement de nouvelles variétés ayant ces caractéristiques. Elles doivent également conduire à développer de nouvelles pratiques agricoles : refonte du calendrier agricole en fonction du décalage des saisons et des régimes des pluies, choix de variétés céréalières à cycle court adaptées aux conditions de sol et climatiques, choix de cultures ou de variétés hivernales, utilisation de semences sélectionnées.

2.2. Quelle politique d'adaptation?

L'adaptation apparaît comme un enjeu nouveau pour les politiques de gestion du risque climatique dans la mesure où de nombreuses options d'adaptation pourraient réduire

significativement les dommages (Burton, 1996; IPCC, 2001). Un certain nombre de points saillants de l'économie de l'adaptation doivent permettre de dresser un panorama des caractéristiques et des enjeux pour l'élaboration de telles politiques pour le Maghreb.

- Un enjeu régional: l'élaboration de politiques d'adaptation de l'agriculture.

Si de tout temps les agriculteurs se sont adaptés aux variations des conditions climatiques, l'adaptation à des changements rapides et surtout à la variabilité climatique constitue un enjeu nouveau. Les études empiriques montrent que « l'adaptation autonome est essentiellement réactionnelle, incrémentale et ad hoc » (IPCC, 2001). Elles montrent une bonne capacité d'adaptation des agriculteurs aux changements des conditions climatiques moyennes à long terme mais des succès beaucoup plus limités face aux changements rapides mais surtout face aux extrêmes et à la variabilité climatique. Les mesures d'adaptation qui seront prises de manière autonome par les agents privés risquent donc d'être insuffisantes. D'abord, une partie des options d'adaptation envisageables ne pourront être prises au niveau individuel. Ensuite, les moyens dont disposeront les agents privés pour s'adapter seront probablement insuffisants. Les dommages résiduels risquent donc d'être importants. Enfin les actions seront prises essentiellement au "coup par coup" et risquent de s'avérer plus coûteuses qu'une stratégie anticipatoire élaborée dans une perspective de long terme (IPCC, 2001).

Il convient donc de mettre en oeuvre des stratégies, des politiques d'adaptation de l'agriculture de manière à minimiser les impacts du changement climatique et les coûts de l'adaptation. Ces stratégies doivent s'inscrire dans une perspective de long terme des changements climatiques, et porter une attention particulière aux enjeux de la variabilité climatique et des événements extrêmes. Ces politiques seront d'autant plus efficaces (en terme de dommages résiduels et de coût d'adaptation) qu'elles seront prises de manière anticipatoire plutôt que de manière réactive. Cet aspect est d'autant plus important dans le cas de l'agriculture du Maghreb qu'une part importante des options d'adaptation envisageables sont des mesures "sans regret" (Burton, 1996). Elles procureraient des bénéfices immédiats en limitant les impacts négatifs du climat, de la variabilité climatique et des événements climatiques extrêmes, subis actuellement par les systèmes agricoles maghrébins; mais également en remettant en cause des politiques et des pratiques inadaptées dans la gestion des ressources en eau et des besoins de l'agriculture. Ainsi, les options d'adaptation pour l'agriculture du Maghreb sont généralement concomitantes avec les politiques de développement durable et plus particulièrement de gestion des ressources hydriques. Il ressort que les politiques d'adaptation seront d'autant plus efficaces qu'elles seront développées en tant qu'aspect, composante ou modification de programmes existants de gestion des risques et des ressources, (IPCC, 2001; Magalhães, 1996, Munasinghe, 2000). Ce qui apparaît important pour la réussite de l'adaptation des agricultures du Sud du bassin méditerranéen, c'est la mise en place de politiques de l'eau axées de manière structurelle sur la rareté de cette ressource et sur sa diminution future, en relation avec le changement climatique (Agoumi et al, 1999).

Les mesures d'adaptation ne seront cependant pas toujours techniquement possibles et seront probablement insuffisantes pour maintenir le potentiel agricole ; mais surtout les pays du Maghreb seront probablement limités financièrement et technologiquement dans leur politique d'adaptation.

Le développement des capacités d'adaptation des pays de la région apparaît primordial pour la réussite de l'adaptation et implique un relais au niveau international.

- Un enjeu global : le financement et le transfert de techniques.

La politique internationale du changement climatique s'est quasi-exclusivement occupée de la mise en place de politiques de réduction des émissions de CO₂ dans les pays de l'Annexe B visant à atténuer les atteintes au système climatique, et par-là les impacts socio-économiques. Si à long terme une politique plus engagée de réduction des émissions peut être efficace, à moyen

terme (horizon 2030, 2050) les changements climatiques dont nous avons estimé les impacts potentiels auront lieu quelle que soit la politique de réduction des émissions.

Une plus grande attention devrait être donnée à l'établissement de politiques d'adaptation notamment pour les systèmes hydriques et agricoles (IPCC, 2001) et particulièrement en faveur des pays de l'Annexe A, regroupant les pays qui n'ont pas été reconnus responsables du changement climatique (la plupart des PVD) mais qui s'avèrent être les plus vulnérables au changement global. Il s'agit d'initier des projets de transferts de technologies d'adaptation et de créer des mécanismes financiers permettant de promouvoir ce transfert de technologies.

Conclusion:

Le changement climatique anticipé pour la région méditerranéenne constitue un enjeu majeur pour le secteur agricole. Les potentiels agricoles seront en effet limités de manière croissante par l'approfondissement des déficits hydriques. Les risques s'avèrent particulièrement élevés pour le Maghreb et posent la question de la mise en place de stratégies d'adaptation des structures agricoles, ciblées sur la mobilisation et la gestion des ressources en eau de la zone. Cet aspect des politiques climatiques et de la promotion d'un développement durable soulève des enjeux extrêmement importants, notamment pour les PVD qui réclament sa prise en compte au niveau international. Si la mise en place de politiques d'adaptation peut réduire de manière significative les dommages associés au climat et au changement climatique, leur élaboration et leur mise en oeuvre effective posent de nombreuses questions. Il est d'abord nécessaire d'améliorer les études d'impacts et les évaluations sous-jacentes pour promouvoir une politique adaptée. Il est ensuite essentiel d'améliorer la compréhension des processus et de la dynamique de l'adaptation, et de développer des modalités d'évaluation de telles stratégies.

Bibliographie :

Agoumi, Senoussi, Yacoubi, Fakhredine, Sayouti, Mokssit, Chikri, 1999, Changements climatiques et ressources en eau, *Hydrogéologie appliquée*, 12(11), pp.163-182.

Burton I., 1996, The growth of adaptation capacity: practice and policy. In: *Adapting to Climate Change: An International Perspective* [Smith, J., N. Bhatti, G. Menzhulin, R. Benioff, M.I. Budyko, M. Campos, B. Jallow, and F. Rijsberman (eds.)]. Springer- Verlag, New York, NY, USA, pp. 55-67.

Carter T.R., Porter J.H., Parry M.L., 1991, Climatic warming and crop potential in Europe, *Global Environmental Change*, Septembre, pp 291- 312.

Downing T.E., Ringius L., Hulme M., Waughray D., 1997, Adapting to climate change in Africa. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2(1), 19-44.

Iglesias A., Minguez M.I., 1997, Modelling crop-climate interactions in Spain : vulnerability, adaptation of different agricultural systems to climate change, *Mitigation, adaptation and Strategies for Global Climate Change*, vol 1, pp. 273- 288.

IPCC, 2001, Climate Change 2001, Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contribution of the Working Group II to the IPCC Third Assessment Report.

Le Houérou H.N., 1992, Vegetation and land-use in the Mediterranean basin by the year 2050 : A prospective study, In Jeftic L., Milliman J.D, Sestini G. (eds), *Climatic Change and the Mediterranean*, Vol 1, Unep.

Magalhães, A.R., 1996: Adapting to climate variations in developing regions: a planning framework. In: *Adapting to Climate Change: An International Perspective* [Smith, J., N. Bhatti, G. Menzhulin, R. Benioff, M.I. Budyko, M. Campos, B. Jallow, and F. Rijsberman (eds.)]. Springer-Verlag, New York, NY, USA, pp. 44-54.

Munasinghe, M., 2000: Development, equity and sustainability (DES) in the context of climate change. In: *Climate Change and Its Linkages with Development, Equity and Sustainability: Proceedings of the IPCC Expert Meeting held in Colombo, Sri Lanka, 27-29 April, 1999* [Munasinghe, M. and R. Swart (eds.)]. LIFE,

Colombo, Sri Lanka; RIVM, Bilthoven, The Netherlands; and World Bank, Washington, DC, USA, pp. 13–66.

Olesen J. C., Bindi M., 2002, Consequences of climatic change for european agricultural productivity, land use and policy, *European Journal of Agronomy*, 16, pp. 239-262.

Plan Bleu – Benblidia M., Margat J., Vallée D., 1997, L'eau en région méditerranéenne, Plan Bleu.

Reilly J., Agriculture in a changing climate, in Watson R. T. et al (eds), 1995, *Climate Change 1995, Adaptation and Mitigation of climate change, Scientific-Technical Analyses of Impacts, Report of IPCC WG II*, pp.429-467.

Rieul R., 1993, Les techniques modernes d'irrigation et les économies en eau, in *Etat de l'agriculture en Méditerranée: ressources en eau: développement et gestion des pays méditerranéens, Cahier Option Méditerranéenne*, 1(1), pp. 177-197.

Rosenberg N. J., Adaptation of agriculture to climate change, *Climatic Change*, 21, pp.385-405

Rosensweig C., Tubiello F. N., 1997, Impacts of global climate change on Mediterranean : current methodologies and future directions, *Mitigation, adaptation and Strategies for Global Climate Change*, vol 1, pp 219- 232.